

Rec'd PCT/JP

06 MAY 2005

PCT/JP03/15015

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

05.01.04

OMMI

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2002年11月28日

出 願 番 号
Application Number: 特願2002-345220
[ST. 10/C]: [JP2002-345220]

REC'D 19 FEB 2004

WIPO

PCT

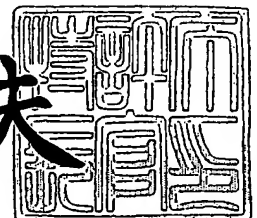
出 願 人
Applicant(s): 矢崎総業株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17:1(a) OR (b)

2004年 2月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特2004-3007349

【書類名】 特許願

【整理番号】 P85310-79

【提出日】 平成14年11月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01B 13/00

【発明の名称】 振動をともなう電線及び／又は電線保護部材の屈曲寿命
予測方法、並びにその装置

【請求項の数】 9

【発明者】

【住所又は居所】 静岡県湖西市鷺津 2 4 6 4 - 4 8 矢崎部品株式会社内

【氏名】 飯盛 康生

【特許出願人】

【識別番号】 000006895

【氏名又は名称】 矢崎総業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100060690

【弁理士】

【氏名又は名称】 瀧野 秀雄

【電話番号】 03-5421-2331

【選任した代理人】

【識別番号】 100097858

【弁理士】

【氏名又は名称】 越智 浩史

【電話番号】 03-5421-2331

【選任した代理人】

【識別番号】 100108017

【弁理士】

【氏名又は名称】 松村 貞男

【電話番号】 03-5421-2331

【選任した代理人】

【識別番号】 100075421

【弁理士】

【氏名又は名称】 垣内 勇

【電話番号】 03-5421-2331

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012450

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0004350

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 振動をともなう電線及び／又は電線保護部材の屈曲寿命予測方法、並びにその装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の部位に少なくとも2点が拘束される複数の電線の振動にともなう屈曲寿命を予測する方法であって、

前記複数の電線にそれぞれ対応する、雰囲気温度、応力及び屈曲寿命の関係を示す各予測関数を予め格納しておき、

予測対象となる前記複数の電線、前記雰囲気温度、前記複数の電線の各振動前形状、並びに、前記複数の電線の各拘束条件を設定する設定工程と、

有限要素法を用いて、前記複数の電線の各有限要素モデルを作成する有限要素モデル作成工程と、

前記複数の電線の各振動前形状に対しての各固有振動数を計算し、各固有振動数に対応する前記各有限要素モデルの各有限要素における応力を計算する振動解析工程と、

前記振動解析工程にて計算された前記応力のうちから前記複数の電線毎の最大応力をそれぞれ検索する最大応力検索工程と、

前記設定工程にて設定された前記複数の電線及び前記雰囲気温度に対応する各予測関数を読み出す予測関数読出工程と、

前記予測関数読出工程にて読み出された前記各予測関数を参照し、前記複数の電線毎の最大応力に対応する各屈曲寿命を取得し、このうちから最短屈曲寿命を求める寿命予測工程と、

前記寿命予測工程にて求められた前記最短屈曲寿命を出力する出力工程と、
を含むことを特徴とする屈曲寿命予測方法。

【請求項2】 所定の部位に少なくとも2点が拘束される複数の電線、及び前記複数の電線を屈曲から保護する電線保護部材の振動にともなう屈曲寿命を予測する方法であって、

予測対象となる前記複数の電線及び前記電線保護部材にそれぞれ対応する、雰囲気温度、応力及び屈曲寿命の関係を示す各予測関数を予め格納しておき、

前記電線保護部材、前記複数の電線、前記雰囲気温度、前記電線保護部材及び前記複数の電線の各振動前形状、並びに、前記電線保護部材及び前記複数の電線の各拘束条件を設定する設定工程と、

有限要素法を用いて、前記電線保護部材及び前記複数の電線の各有限要素モデルを作成する有限要素モデル作成工程と、

前記電線保護部材及び前記複数の電線の各振動前形状に対しての各固有振動数を計算し、各固有振動数に対応する前記各有限要素モデルの各有限要素における応力を計算する振動解析工程と、

前記振動解析工程にて計算された前記応力のうちから前記電線保護部材及び前記複数の電線毎の最大応力をそれぞれ検索する最大応力検索工程と、

前記設定工程にて設定された前記電線保護部材及び前記複数の電線の前記雰囲気温度に対応する各予測関数を読み出す予測関数読出工程と、

前記予測関数読出工程にて読み出された前記各予測関数を参照し、前記電線保護部材及び前記複数の電線毎の最大応力に対応する各屈曲寿命を取得し、このうちから最短屈曲寿命を求める寿命予測工程と、

前記寿命予測工程にて求められた前記最短屈曲寿命を出力する出力工程と、を含むことを特徴とする屈曲寿命予測方法。

【請求項 3】 請求項 2 又は 3 記載の屈曲寿命予測方法において、

前記振動解析工程では、前記複数の電線が 1 本に束ねられたワイヤー様構造物とみなして、前記複数の電線に対する各固有振動数が計算される、

ことを特徴とする屈曲寿命予測方法。

【請求項 4】 請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の屈曲寿命予測方法において、

前記複数の電線は 1 本に束ねられており、これが前記設定工程にて前記拘束条件のひとつとして設定される、

ことを特徴とする屈曲寿命予測方法。

【請求項 5】 請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の屈曲寿命予測方法において、

前記最短屈曲寿命に対応する前記電線保護部材上又は前記電線上の位置を特定

する位置特定工程を更に含み、

前記出力工程では、前記位置特定工程にて特定された前記位置が出力される、
ことを特徴とする屈曲寿命予測方法。

【請求項 6】 請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の屈曲寿命予測方法において、

前記振動解析工程では、前記各固有振動数に対応する前記各有限要素モデルの
各有限要素における変位も計算され、

この計算された変位に基づき、前記電線保護部材上又は前記複数の電線上の振
動にともなう干渉部位を予測する干渉部位予測工程を更に含み、

前記出力工程では、前記干渉部位も出力される、
ことを特徴とする屈曲寿命予測方法。

【請求項 7】 請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の屈曲寿命予測方法にお
いて、

前記予測関数として、

前記電線保護部材及び前記複数の電線に対してそれぞれ、複数の代表的な前記
雰囲気気温度の下において取得された前記応力及び前記屈曲耐久寿命に関するデー
タに基づいて、統計的に算出された母回帰関数に対する下側信頼区間を表す曲線
が採用される、

ことを特徴とする屈曲寿命予測方法。

【請求項 8】 所定の部位に少なくとも 2 点が拘束される複数の電線の振動
にともなう屈曲寿命を予測する装置であって、

前記複数の電線にそれぞれ対応する、雰囲気気温度、応力及び屈曲寿命の関係を
示す各予測関数を予め格納する予測関数格納手段と、

予測対象となる前記複数の電線、前記雰囲気気温度、前記複数の電線の各振動前
形状、並びに、前記複数の電線の各拘束条件を設定する設定手段と、

有限要素法を用いて、前記複数の電線の各有限要素モデルを作成する有限要素
モデル作成手段と、

前記複数の電線の各振動前形状に対しての各固有振動数を計算し、各固有振動
数に対応する前記各有限要素モデルの各有限要素における応力を計算する振動解

析手段と、

前記振動解析手段にて計算された前記応力のうちから前記複数の電線毎の最大応力をそれぞれ検索する最大応力検索手段と、

前記設定手段にて設定された前記複数の電線及び前記雰囲気温度に対応する各予測関数を読み出す予測関数読出手段と、

前記予測関数読出手段にて読み出された前記各予測関数を参照し、前記複数の電線毎の最大応力に対応する各屈曲寿命を取得し、このうちから最短屈曲寿命を求める寿命予測手段と、

前記最短屈曲寿命に対応する前記電線上の位置を特定する位置特定手段と、

前記最短屈曲寿命、前記位置及び前記干渉部位を出力する出力手段と、

を含むことを特徴とする屈曲寿命予測装置。

【請求項 9】 請求項 8 に記載の屈曲寿命予測装置において、

前記振動解析手段では、前記各固有振動数に対応する前記各有限要素モデルの各有限要素における変位も計算され、

この計算された変位に基づき、前記電線保護部材上又は前記複数の電線上の振動にともなう干渉部位を予測する干渉部位予測手段を更に含み、

前記出力手段では、前記干渉部位も出力される、

ことを特徴とする屈曲寿命予測方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、所定の部位に少なくとも 2 点が拘束される複数の電線及びその電線保護部材の振動にともなう屈曲寿命を予測する方法、並びにその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

通常、自動車等においては、複数の電装品が複数の電線にて電氣的に接続されている。これら複数の電線は、インシュロックやテープ等で 1 本に束ねられた、いわゆる、ワイヤーハーネスとして自動車等の所定部位に配策されたり、グロメット等の電線保護部材にて保護されて自動車等の所定部位に配策されてたりして

いる。或いは、複数の電線は、1本に束ねられることなく、また、電線保護部材にて保護されることなく、自動車等の所定部位に配策されている。

【0003】

ところで、自動車等においては、例えば、エンジン駆動等に起因する振動が常に発生する環境にある。特に、エンジンルーム内に配策された電線においては、エンジン振動が直接的に影響して、この振動に起因して、電線は繰り返し屈曲変形を受けるため、遂には、断線が発生するという実験結果の報告もある。したがって、電線やその電線保護部材の屈曲寿命を正確に予測することが非常に重要となる。

【0004】

従来、電線やその電線保護部材の屈曲寿命の予測は、設計、試作及び耐久試験を繰り返すことにより行われていた。例えば、耐久試験においては、加振台の上に想定される所定経路の電線等を取り付けておき、この加振台を加振器にて所定の周波数及び振幅で振動させて、特定の振動数による電線等の予測を推定するようにしている。

【0005】

ここで、本明細書中で引用する文献を以下に示す。

【0006】

【非特許文献1】

B. ナス著「マトリックス有限要素法」ブレイン図書出版株式会社出版、1978年8月10日、p. 7-15

【非特許文献2】

安田仁彦著「モード解析と動的設計」株式会社コロナ社発行、1993年11月10日、p. 54-56

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

その一方で、自動車の開発期間は、ますます短縮化される傾向にあると共に予測精度の向上も求められている。このため、上記従来のような耐久試験の繰り返しによる寿命予測方法では、開発期間短縮や予測精度の向上の要望を十分に満足

させることができないという問題があった。

【0008】

よって本発明は、上述した現状に鑑み、振動が発生する環境下において、より精度の高いの寿命予測や開発期間短縮の要望を満足させることのできる、電線等の屈曲寿命予測方法及びその装置を提供することを課題としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するためになされた請求項1記載の屈曲寿命予測方法は、所定の部位に少なくとも2点が拘束される複数の電線の振動にともなう屈曲寿命を予測する方法であって、前記複数の電線にそれぞれ対応する、雰囲気温度、応力及び屈曲寿命の関係を示す各予測関数を予め格納しておき、予測対象となる前記複数の電線、前記雰囲気温度、前記複数の電線の各振動前形状、並びに、前記複数の電線の各拘束条件を設定する設定工程と、有限要素法を用いて、前記複数の電線の各有限要素モデルを作成する有限要素モデル作成工程と、前記複数の電線の各振動前形状に対しての各固有振動数を計算し、各固有振動数に対応する前記各有限要素モデルの各有限要素における応力を計算する振動解析工程と、前記振動解析工程にて計算された前記応力のうちから前記複数の電線毎の最大応力をそれぞれ検索する最大応力検索工程と、前記設定工程にて設定された前記複数の電線及び前記雰囲気温度に対応する各予測関数を読み出す予測関数読出工程と、前記予測関数読出工程にて読み出された前記各予測関数を参照し、前記複数の電線毎の最大応力に対応する各屈曲寿命を取得し、このうちから最短屈曲寿命を求める寿命予測工程と、前記寿命予測工程にて求められた前記最短屈曲寿命を出力する出力工程と、を含むことを特徴とする。

【0010】

また、上記課題を解決するためになされた請求項2記載の屈曲寿命予測方法は、所定の部位に少なくとも2点が拘束される複数の電線、及び前記複数の電線を屈曲から保護する電線保護部材の振動にともなう屈曲寿命を予測する方法であって、予測対象となる前記複数の電線及び前記電線保護部材にそれぞれ対応する、雰囲気温度、応力及び屈曲寿命の関係を示す各予測関数を予め格納しておき、前

記電線保護部材、前記複数の電線、前記雰囲気温度、前記電線保護部材及び前記複数の電線の各振動前形状、並びに、前記電線保護部材及び前記複数の電線の各拘束条件を設定する設定工程と、有限要素法を用いて、前記電線保護部材及び前記複数の電線の各有限要素モデルを作成する有限要素モデル作成工程と、前記電線保護部材及び前記複数の電線の各振動前形状に対しての各固有振動数を計算し、各固有振動数に対応する前記各有限要素モデルの各有限要素における応力を計算する振動解析工程と、前記振動解析工程にて計算された前記応力のうちから前記電線保護部材及び前記複数の電線毎の最大応力をそれぞれ検索する最大応力検索工程と、前記設定工程にて設定された前記電線保護部材及び前記複数の電線の前記雰囲気温度に対応する各予測関数を読み出す予測関数読出工程と、前記予測関数読出工程にて読み出された前記各予測関数を参照し、前記電線保護部材及び前記複数の電線毎の最大応力に対応する各屈曲寿命を取得し、このうちから最短屈曲寿命を求める寿命予測工程と、前記寿命予測工程にて求められた前記最短屈曲寿命を出力する出力工程と、を含むことを特徴とする。

【0011】

また、上記課題を解決するためになされた請求項3記載の屈曲寿命予測方法は、請求項2又は3記載の屈曲寿命予測方法において、前記振動解析工程では、前記複数の電線が1本に束ねられたワイヤー様構造物とみなして、前記複数の電線に対する各固有振動数が計算される、ことを特徴とする。

【0012】

また、上記課題を解決するためになされた請求項4記載の屈曲寿命予測方法は、請求項1～3のいずれか一項に記載の屈曲寿命予測方法において、前記複数の電線は1本に束ねられており、これが前記設定工程にて前記拘束条件のひとつとして設定される、ことを特徴とする。

【0013】

また、上記課題を解決するためになされた請求項5記載の屈曲寿命予測方法は、請求項1～4のいずれか一項に記載の屈曲寿命予測方法において、前記最短屈曲寿命に対応する前記電線保護部材上又は前記電線上の位置を特定する位置特定工程を更に含み、前記出力工程では、前記位置特定工程にて特定された前記位置

が出力される、ことを特徴とする。

【0 0 1 4】

また、上記課題を解決するためになされた請求項 6 記載の屈曲寿命予測方法は、請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の屈曲寿命予測方法において、前記振動解析工程では、前記各固有振動数に対応する前記各有限要素モデルの各有限要素における変位も計算され、この計算された変位に基づき、前記電線保護部材上又は前記複数の電線上の振動にともなう干渉部位を予測する干渉部位予測工程 S 9 を更に含み、前記出力工程では、前記干渉部位も出力される、ことを特徴とする。

【0 0 1 5】

また、上記課題を解決するためになされた請求項 7 記載の屈曲寿命予測方法は、請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の屈曲寿命予測方法において、前記予測関数として、前記電線保護部材及び前記複数の電線に対してそれぞれ、複数の代表的な前記雰囲気温度の下において取得された前記応力及び前記屈曲耐久寿命に関するデータに基づいて、統計的に算出された母回帰関数に対する下側信頼区間を表す曲線が採用される、ことを特徴とする。

【0 0 1 6】

また、上記課題を解決するためになされた請求項 8 記載の屈曲寿命予測装置は、図 1 の基本構成図に示すように、所定の部位に少なくとも 2 点が拘束される複数の電線の振動にともなう屈曲寿命を予測する装置であって、前記複数の電線にそれぞれ対応する、雰囲気温度、応力及び屈曲寿命の関係を示す各予測関数を予め格納する予測関数格納手段 5 A と、予測対象となる前記複数の電線、前記雰囲気温度、前記複数の電線の各振動前形状、並びに、前記複数の電線の各拘束条件を設定する設定手段 5 B と、有限要素法を用いて、前記複数の電線の各有限要素モデルを作成する有限要素モデル作成手段 5 C と、前記複数の電線の各振動前形状に対しての各固有振動数を計算し、各固有振動数に対応する前記各有限要素モデルの各有限要素における変位及び応力を計算する振動解析手段 5 D と、前記振動解析手段 5 D にて計算された前記応力のうちから前記複数の電線毎の最大応力をそれぞれ検索する最大応力検索手段 5 E と、前記設定手段 5 B にて設定された前記複数の電線及び前記雰囲気温度に対応する各予測関数を読み出す予測関数読

出手段 5 F と、前記予測関数読出手段 5 F にて読み出された前記各予測関数を参照し、前記複数の電線毎の最大応力に対応する各屈曲寿命を取得し、このうちから最短屈曲寿命を求める寿命予測手段 5 G と、前記最短屈曲寿命に対応する前記電線上の位置を特定する位置特定手段 5 H と、前記最短屈曲寿命、前記位置及び前記干渉部位を出力する出力手段 5 J と、を含むことを特徴とする。

【0017】

また、上記課題を解決するためになされた請求項 9 記載の屈曲寿命予測装置は、図 1 の基本構成図に示すように、請求項 8 に記載の屈曲寿命予測装置において、前記振動解析手段 5 D では、前記各固有振動数に対応する前記各有限要素モデルの各有限要素における変位も計算され、この計算された変位に基づき、前記電線保護部材上又は前記複数の電線上の振動にともなう干渉部位を予測する干渉部位予測手段 5 I を更に含み、前記出力手段 5 J では、前記干渉部位も出力される、ことを特徴とする。

【0018】

請求項 1 及び請求項 8 記載の発明によれば、複数の電線、雰囲気温度、複数の電線の各振動前形状、並びに、複数の電線の各拘束条件が設定され、有限要素法を用いて、複数の電線の各有限要素モデルが作成される。また、複数の電線の各振動前形状に対しての各固有振動数が計算され、各固有振動数に対応する各有限要素モデルの各有限要素における応力が計算され、計算された応力のうちから複数の電線毎の最大応力がそれぞれ検索される。また、設定された複数の電線及び雰囲気温度に対応する各予測関数が読み出され、読み出された各予測関数が参照されて複数の電線毎の最大応力に対応する各屈曲寿命が取得され、このうちから最短屈曲寿命が求められて出力される。したがって、複数の電線の振動にともなう屈曲寿命を、耐久試験を実施することなしに正確に予測可能となる。

【0019】

また、請求項 2 及び請求項 9 記載の発明によれば、複数の電線及び／又は電線保護部材、雰囲気温度、複数の電線の各振動前形状、並びに、複数の電線の各拘束条件が設定され、有限要素法を用いて、複数の電線の各有限要素モデルが作成される。また、複数の電線の各振動前形状に対しての各固有振動数が計算され、

各固有振動数に対応する各有限要素モデルの各有限要素における応力が計算され、計算された応力のうちから複数の電線毎の最大応力がそれぞれ検索される。また、設定された複数の電線及び雰囲気温度に対応する各予測関数が読み出され、読み出された各予測関数が参照されて複数の電線毎の最大応力に対応する各屈曲寿命が取得され、このうちから最短屈曲寿命が求められて出力される。したがって、電線保護部材を含めた複数の電線の振動にともなう屈曲寿命を、耐久試験を実施することなしに正確に予測可能となる。

【 0 0 2 0 】

また、請求項 3 記載の発明によれば、複数の電線が 1 本に束ねられたワイヤー様構造物とみなして、複数の電線に対する固有振動数が計算されるので、計算量が削減される。

【 0 0 2 1 】

また、請求項 4 記載の発明によれば、複数の電線は 1 本に束ねられているときには、これが拘束条件として設定されるので、より正確に屈曲寿命を予測することが可能になる。

【 0 0 2 2 】

また、請求項 5 記載の発明によれば、屈曲寿命と共に、最短屈曲寿命に対応する電線保護部材上又は電線上の位置も特定されて出力されるので、より精度の高い寿命予測が可能となる。

【 0 0 2 3 】

また、請求項 6 記載の発明によれば、電線保護部材上又は複数の電線上の振動にともなう干渉部位も予測されるので、接触による断線等を回避した最適な経路設計も可能となる。

【 0 0 2 4 】

また、請求項 7 記載の発明によれば、電線保護部材及び複数の電線に対してそれぞれ、複数の代表的な雰囲気温度の下において取得された応力及び屈曲耐久回数に関するデータに基づいて、統計的に算出された母回帰関数に対する下側信頼区間を表す曲線が採用されるので、統計的にもより厳しい条件下での寿命予測が行われる。勿論、予測関数について所定の統計的信頼性も維持されるうえ、この

予測関数の算出処理も容易である。

【0025】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

まず、図2を参照しながら、本実施形態において前提となる仮定条件、利用される理論及び基本式について説明する。図2(A)は、本発明で扱う電線を離散化した様子を示す図であり、図2(B)は、図2(A)の電線を梁要素と節点とで表わした図である。

【0026】

まず、本発明において、有限要素法を利用するに際し、以下のような仮定をする。

- ①. 電線を弾性体と仮定する。
- ②. 電線を梁要素が結合されたものと仮定する。
- ③. 各梁要素に線形性が保たれるものと仮定する。
- ④. 電線の断面を円形であると仮定する。

【0027】

次に、この電線1を離散化する。すなわち、この電線1を、図2(A)に示すように、いくつかの梁要素C1、C2、C3、…に分割（離散化）する。つまり、電線1を有限個の梁要素をつなげたものとみなす。

【0028】

したがって、図2(B)に示すように、電線1は、複数の梁要素C1、C2、C3、…を複数の節点N1、N2、N3、…で結合したものと表すことができる。梁要素に必要な特性値は、例えば、長さ l （図2(A)参照）、断面積 A （図2(A)参照）、断面2次モーメント、断面2次極モーメント、密度、縦弾性係数、横弾性係数等である。これらの特性値は、予め測定したり、計算により求めておくことができる。これらは、データベース化しておき、これを適宜利用できるようにしておくことが好ましい。なお、本明細書中、長さ及び断面積を形状特性とし、断面2次モーメント、断面2次極モーメント、密度、縦弾性係数 E 及び横弾性係数を材料特性としている。

【0029】

ところで、振動してない静的な力による構造物の変位は、弾性範囲内では、周知のようにフックの法則が成り立つことが知られており、同様に、上記各梁要素 C1、C2、C3、…にもそれぞれフックの法則が成り立つことが知られている。また、隣接する梁要素 C1、C2、C3、…間ではそれぞれ、変位の連続性と力の釣り合いの条件が満たされるので、これらを利用して、各梁要素 C1、C2、C3、…を結合して、下記の式(1)のように表すことができる。

【0030】

$$[K] \{x\} = \{F\} \cdots (1)$$

ここで、[K] は、全体剛性マトリクスとよばれ、各梁要素毎の剛性マトリクスから組立られる。簡単にいうと、全体剛性マトリクス [K] の中身は、上記特性値の集まりのようなものである。これらの値は予め設定される。 $\{x\}$ は、節点変位ベクトル（又は単に変位ベクトルともよぶ）とよばれ、全節点の変位成分をならべたものである。節点変位ベクトル $\{x\}$ の成分は、拘束点等のように、予め設定されるものと、未知数として求められるものがある。また、 $\{F\}$ は、全体外力ベクトルとよばれ、全節点に作用する外力成分をならべたものである。

【0031】

このようにして、任意の数の梁要素に分割された電線の有限要素モデルを作成することができる。なお、上述した方法は、本出願人により、2002年9月25日に、特願2002-279503号にて出願されている手法と、類似の手法が適用可能である。また、一般的なマトリックス有限要素法は、例えば、上記非特許文献1等にて示されている。

【0032】

本発明では、振動にともなう電線等の寿命予測を行うために、固有振動数、変位及び応力等を求める必要があるので、上記式(1)を発展させて、固有振動数、変位及び応力等を求める際に利用する理論及び計算式についても、以下に簡単に説明しておく。

【0033】

すなわち、動的問題では、上記式(1)で示される静的な釣り合いの式の荷重

項に慣性力 $[M] \{x''\}$ を加え、更に減衰 $[C] \{x'\}$ を考慮して、以下の
ように表すことができる。

【0034】

$$[M] \{x''\} + [C] \{x'\} + [K] \{x\} = \{F(t)\} \cdots (2)$$

ここで、 $[M]$: 慣性マトリクス、 $[C]$: 減衰係数マトリクス、 $\{x'\}$:
変位ベクトル $\{x\}$ の1階微分、 $\{x''\}$: 変位ベクトル $\{x\}$ の2階微分、
を示す。

【0035】

自由振動状態では、外力=0とし(式(2)中、 $\{F(t)\} = 0$ とする)、
更に無減衰とすると(式(2)の中、 $[C] \{x'\} = 0$ とする)、各点では一
定の周波数の単振動となるので、上記式(2)に、次の

$$\{x\} = \{x_0\} \sin \omega t \cdots (3)$$

を代入すると、

$$[M] (\{x_0\} \sin \omega t)'' + [K] (\{x_0\} \sin \omega t) = 0$$

$$(-\omega^2 [M] + [K]) \{x\} \sin \omega t = 0$$

$$([K] - \omega^2 [M]) \{x\} = 0 \cdots (4)$$

となり、

この式(4)から、固有振動数 ω 、及び固有ベクトルとしての、変位ベクトル
 $\{x\}$ を求めることができる。但し、この変位ベクトル $\{x\}$ は、定数倍しても
、式(4)が成立するので、この変位ベクトル $\{x\}$ は、相対的な変位となる。
したがって、この変位ベクトル $\{x\}$ から求められる応力も同様に、相対的な値
となる。上記式(4)から得られる絶対的な値は固有振動数 ω のみなので、実際
の変位及び応力を計算する場合には、実振動の荷重条件を入力する必要がある。

【0036】

動的問題では、上記式(2)に時間依存荷重 $\{F(t)\}$ を入力することによ
り、基本的に、時間毎の変位及び応力を計算することができる。但し、上記式(2)
に、時間依存荷重 $\{F(t)\}$ を入力して方程式を解くと、周期的な振動を
ともなう現象では、振動を再現させるために、解析時間が長くなり、このため出
力時間量が膨大になるので、現実的には、時間領域から周波数領域へフーリエ変

換して、周波数特性を評価することが行われる。フーリエ変換した後の周波数領域での計算、すなわち、周波数応答解析では、周波数依存の荷重を入力して、周波数毎の変位及び応力が計算される。周波数依存の荷重は、エンジンや車両等の振動により想定される、対象となるワイヤーハーネスや電線保護部材の拘束点に加えられる力が任意に設定される。この後、逆フーリエ変換により時間領域へ戻すことで、計算量を削減するようにしている。この技法は、周知であるので、ここでは詳細な説明は省略する。

【0037】

このような理論及び計算式を利用して、後述する固有振動数、変位及び応力等を求めることができる。なお、上記のような一般的な固有値解析は、例えば、上記非特許文献2でも示されている。

【0038】

なお、本発明では、電線保護部材としての、例えば、グロメットも含めた複数の電線の振動解析も行われる。この電線保護部材に有限要素法を適用する際には、電線保護部材を複数の矩形の有限要素に分割し、これら各有限要素における応力をそれぞれ求めるようにする。そして、このような有限要素で構成される有限要素モデルを作成した後の電線保護部材の振動解析は、上記電線において例示した手法と同様に行われる。

【0039】

次に、本発明に係る処理手順を実現するハードウェア構成について説明する。図3は、本発明の実施形態に係るハードウェア構成を示すブロック構成図である。図4（A）及び5（B）は共に、図3の記憶装置に格納される寿命データファイルに係る図である。

【0040】

図3に示すように、本発明では、マイクロコンピュータ51、入力装置52、表示装置53、印字装置54、記憶装置55及び通信インターフェース56で基本構成される、例えば、パーソナルコンピュータ（請求項の屈曲寿命予測装置に対応する）が用いられる。マイクロコンピュータ51は、CPU51a（中央演算装置）、ブートプログラム等を記憶するROM51b、各種処理結果を一時的

に記憶するRAM 51cを含む。入力装置52は上記各値等を入力するキーボード、マウス等であり、表示装置53は処理結果を表示するCRT等であり、印字装置54は処理結果を印字するプリンタである。また、記憶装置55は処理結果を記憶するハードディスクドライブやコンパクトディスク等の可搬型記録媒体であり、通信インターフェース56は外部装置と、例えば、LAN回線を用いてデータ通信を行うためのモデムボード等である。これらの各構成要素は、内部バス57を介して接続されている。CPU 51aは、ROM 51bに記憶されるブートプログラムにしたがって起動され、入力装置52にて入力及び設定されたワイヤーハーネスの配線に関する各値及び記憶装置55に記憶される本発明に係る処理手順を示すアプリケーションプログラムにしたがって、本発明に係る処理等を行い、表示装置53や印字装置54から出力させたり、その結果を記憶装置55に記憶させたりする。CPU 51aが行う本発明に係る処理手順は、図5及び図6を用いて後述する。

【0041】

上記記憶装置55には、少なくとも、設定データファイル55a、屈曲寿命データファイル55b及び結果ファイル55cが格納されている。設定データファイル55aは、本寿命予測に際して設定されたデータや予め設定されているデータである。例えば、後述のステップS1にて設定される、電線や電線保護部材の種類、雰囲気温度、各振動前形状、各拘束条件等である。また、設定データファイル55aには、予め想定されるステーや電装部品等の障害物2（図7参照）の位置情報等も含まれる。

【0042】

屈曲寿命データファイル55bは、図4（A）に示すように、各電線55a1、55a2及び電線保護部材（例えば、グロメット）55a3に対して、複数の代表的な雰囲気温度、例えば、 -40°C 、 0°C 、 25°C の下において取得された応力及び屈曲耐久回数に関するデータに基づいて、統計的に算出された予測関数 y_1 、 y_2 及び y_3 の集合体である。

【0043】

この予測関数は、好ましくは、図4（B）に示すように、周知の回帰分析によ

り求められた母回帰関数 21 に対する上側信頼区間を表す曲線 y 22 及び下側信頼区間を表す曲線 y 23 のうちで、下側信頼区間を表す曲線 y 23 が採用される。信頼区間は、例えば、95%とする。このような予測関数が、各電線及びグロメットにおける複数の雰囲気温度でそれぞれ予め求められている。したがって、統計的により厳しい条件下での寿命予測が行われる。勿論、予測関数について所定の統計的信頼性も維持されるうえ、この予測関数の算出処理も容易である。これらの結果、複雑な処理手順を付加することなく、よりシビアに屈曲寿命予測が行われるようになり、より一層の品質向上や経路案改善に貢献できる。なお、母回帰関数を用いて、屈曲耐久回数を取得するようにしてもよい。

【0044】

また、結果ファイル 55c は、各電線及びグロメットのそれぞれの有限要素における全応力が、固有振動数毎に記録されたものである。結果ファイル 55c は、例えば、テキスト形式で保存されており、適宜出力することも可能である。なお、記憶装置 55 は、請求項の予測関数格納手段に対応する。

【0045】

次に、図 7 の説明図を参照しつつ、図 5 及び図 6 のフローチャートを用いて、本発明の実施形態に係る処理手順について説明する。図 5 は、本発明の実施形態に係る主処理手順を示すフローチャートである。図 6 は、図 5 に示す振動解析の処理手順を示すフローチャートである。図 7 (A)、図 7 (B) 及び図 7 (C) はそれぞれ、1 次、2 次及び 3 次の振動モードにおける電線の予測形状を示す図である。

【0046】

図 5 に示すように、ステップ S1 においては、予測のための必要データが設定される。すなわち、少なくとも、寿命予測すべき複数の電線（正確には、電線の種類）、電線保護部材（不要の場合もある）、雰囲気温度、複数の電線の各振動前形状、並びに、複数の電線の各拘束条件が設定される。これらを設定するために、上記表示装置 53 上に図示しない所定の入力画面が表示され、入力装置 52 を用いてこの入力画面に必要な値が設定される。

【0047】

電線の種類は、文字通り、寿命予測されるべき各電線の種類である。各電線には、電線の種類に、形状特性や材料特性がリンクされて設定されている。例えば、形状特性は各電線の長さや断面積等に関する情報であり、材料特性は 2 次モーメント、2 次極モーメント、密度、縦弾性係数及び横弾性係数等である。これらは、予め試験等により取得しておくことが可能である。ここで、設定される各値は、上記式 (1) の剛性マトリクス $[K]$ 中の各要素に係わる。また、雰囲気温度は、寿命予測される際の各電線及び／又は電線保護部材の周囲温度であり、 -40°C 、 0°C 、 25°C 等の複数の代表的な値である。

【0048】

振動前形状は、例えば、図 7 (A) において、1 a にて示すように、静止状態における電線等の形状である。ここでは、単純化して直線的に描いている。この振動前形状 1 a は、入力装置 5 2 を利用して手動にて任意に設定してもよいし、この寿命予測に先立ち予め計算されたものを採用するようにしてもよい。例えば、所定の拘束条件及び電線の最小曲げ半径を満たすような振動前形状を予め計算しておき、これを振動前形状 1 a とすることが好ましい。

【0049】

拘束条件としては、図 7 (A) の各節点 $n 1 \sim n 5$ 上において、座標情報に対応させて、完全拘束、回転拘束、完全自由等の情報が設定される。各節点 $n 1 \sim n 5$ は、電線を上記梁要素に分割した際の各梁要素の接続点であり、このうちのいくつかは、拘束部材としてのコネクタやクリップ等が取り付けられる部位に一致する。なお、ここでは、拘束部材により節点 $n 1$ 及び $n 5$ が共に完全拘束又は回転拘束されており、他の節点 $n 2 \sim n 4$ は完全自由であるものとする。ここで、設定される各値は、上記式 (1) の変位ベクトル $\{x\}$ 中の各要素の値に係わる。

【0050】

なお、ワイヤーハーネスを構成する複数の電線は、インシュロックやテープ等で一本に束ねられている場合もあるし、各電線が束ねられていない場合もある。複数の電線が一本に束ねられている場合には、その旨、拘束条件として設定するようにする。この際、インシュロックやテープ等と接触する電線と、この電線の

内側に配置される電線と、を区別して設定することが好ましい。これにより、複数の電線は1本に束ねられているときと、束ねられていないときとを明確に区別して、屈曲寿命をより正確に予測することが可能になる。

【0051】

また、複数の電線はグロメット等の電線保護部材中を挿通している場合もあるし、電線保護部材なしで配策されている場合もある。電線保護部材中を挿通する複数の電線は、上記のように、一本に束ねられている場合もあるし、束ねられていない場合もある。電線保護部材が使用される場合には、この電線保護部材にあった拘束条件が設定されることになる。このようなステップS1は、請求項の設定工程及び設定手段に対応する。

【0052】

次に、ステップS2において、上記各電線及び／又は電線保護部材の有限要素モデルが作成される。この有限要素モデルは、上述した通り、電線保護部材に対しては複数の矩形の有限要素に分割されたものとし、各電線に対してはそれぞれ梁要素にモデル化されたものとする。このステップS2は、請求項の有限要素モデル作成工程及び有限要素モデル作成手段に対応する。

【0053】

次に、ステップS3においては、各有限要素に対して振動解析処理が行われる。すなわち、ステップS301においては、対象となる複数の電線が一本に束ねられた1本のワイヤーハーネスが振動するものと想定されて、上記(4)が適用されて固有振動数が計算される。この際、剛性マトリクス[K]中の各要素である形状特性や材料特性は、各電線及び／又は電線保護部材毎の上記形状特性や材料特性が合成されたものとして計算される。固有振動数は、図7(A)～図7(C)に示すように、例えば、1次～3次の振動モードに対応する値がそれぞれ計算されるものとする。計算すべき振動モード数及び対応する固有振動数は、ここに示すものに限定するものでない。例えば、1次～3次の振動モードがデフォルトで設定されており、これは入力装置52を用いて変更可能であるものとする。

【0054】

固有振動数が計算されると、ステップS302及びステップS303において

、この固有振動数が上述したように、式(2)がフーリエ変換された式に適用されて、各電線及び／又は電線保護部材毎の、全有限要素における変位及び応力が計算される。この際、ステップS1にて拘束条件として設定された、電線が一本に束ねられているか否か、特定の電線がインシュロックやテープ等と接触するか否か等の情報も、上記式(2)中の、慣性マトリクス[M]、減衰係数マトリクス[C]、外力{F(t)}の全てに係わるものとして取り入れられる。

【0055】

そして、ステップS304において、これら固有振動数毎に計算された各変位及び各応力を、対象となる各電線及び／又は電線保護部材の位置(有限要素)情報に関連づけて、結果ファイルに書き出す。これらステップS3、ステップS301～ステップS303は、請求項の振動解析工程及び振動解析手段に対応する。

【0056】

次に、ステップS4においては、上記結果ファイルに記録されている複数の応力から、対象となる各電線及び／又は電線保護部材毎の最大応力がそれぞれ検索される。また、ステップS5においては、上記対象となる各電線及び／又は電線保護部材に対する予測関数が読み出される。すなわち、対象となる各電線及び／又は電線保護部材に対する、ステップS1で設定された雰囲気温度の予測関数が、記憶装置55に格納される寿命データファイル55bから読み出される。ステップS4は請求項の最大応力検索工程及び最大応力検索手段に対応し、ステップS5は、請求項の予測関数読出工程及び予測関数読出手段に対応する。

【0057】

次に、ステップS6において、上記ステップS5にて読み出された各予測関数を参照し、上記ステップS4で求めた各電線及び／又は電線保護部材毎の最大応力に対応する各屈曲寿命が取得され、このうちから最短屈曲寿命が求められる。最短屈曲寿命としては、例えば、図4の寿命関数から得られる屈曲耐久回数であってもよいし、この屈曲耐久回数及び対応する固有振動数に基づき計算される耐久時間としてもよい。ステップS6は、請求項の寿命予測工程及び寿命予測手段に対応する。

【0058】

次に、ステップS7においては、上記最短屈曲寿命に対応する位置がその有限要素から特定される。この位置特定は、断線等の可能性のある部位を特定する際に役立つ。そして、ステップS8において、上記ステップS6にて特定された位置及び上記ステップS7にて予測された屈曲寿命が、表示装置53上に出力される。屈曲寿命と共に、最短屈曲寿命に対応する電線保護部材上又は電線上の位置も特定されて出力されるので、より精度の高い寿命予測が可能となる。ステップS7は請求項の位置特定工程及び位置特定手段に対応し、ステップS8は請求項の出力工程及び出力手段に対応する。

【0059】

また、ステップS9において干渉部位を予測し、ステップS10において予測された干渉部位を出力するようにしてもよい。すなわち、上記ステップS304で示したように、結果ファイルには、固有振動数毎に計算された応力が各電線及び／又は電線保護部材の位置（有限要素）情報に関連づけて記録されているので、この結果ファイルから、図7（A）の1a1、図7（B）の1a2、及び図7（C）の1a3に示すように、振動モード毎の予測形状を生成可能である。また、記憶装置55には、上述したように、障害物2の位置情報が格納されているので、これと振動モード毎の予測形状とを合成して出力することにより、図7（C）に示すように、障害物2が電線に干渉する可能性があることを発見できる。逆に、障害物2に対する電線の干渉部位を予測することも可能である。ステップS9は、請求項の干渉部位予測工程に相当する。

【0060】

そして、ステップS11において結果ファイルの出力指令ありと判定されると、ステップS12において、結果ファイル55cの内容がテキスト形式で出力される。この出力は、表示装置53上にさせるようにしてもよいし、印字装置54にて紙上に印字させるようにしてもよい。また、出力すべき内容を入力装置52にて、指定できるようにしてもよい。また、この出力が不要であるときには、そのまま一連の処理を終了させるようにしてもよい（ステップS11のN）。

【0061】

このように、本発明の実施形態によれば、振動が発生する環境下において、より精度の高い寿命予測や開発期間短縮の要望を満足させることのできる、電線及び／又は電線保護部材の屈曲寿命予測方法及びその装置が提供される。特に、自動車のエンジン振動に起因する電線の断線寿命を、耐久試験なしで短期間で予測できるという大きな効果が得られる。更に、統計的にもより厳しい条件下での屈曲寿命予測が行われるため、よりシビアに屈曲寿命予測が行われるようになり、より一層の品質向上や経路案改善に貢献できる。

【0062】

なお、上記実施形態に本発明は限定されるものではない。例えば、電線保護部材はグロメットのみに限定されるものではないし、本発明の適用範囲は自動車内に限定されるものでもなく、工場内の振動が発生する環境下に対しても適用可能である。

【0063】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項1及び請求項8記載の発明によれば、複数の電線、雰囲気温度、複数の電線の各振動前形状、並びに、複数の電線の各拘束条件が設定され、有限要素法を用いて、複数の電線の各有限要素モデルが作成される。また、複数の電線の各振動前形状に対しての各固有振動数が計算され、各固有振動数に対応する各有限要素モデルの各有限要素における応力が計算され、計算された応力のうちから複数の電線毎の最大応力がそれぞれ検索される。また、設定された複数の電線及び雰囲気温度に対応する各予測関数が読み出され、読み出された各予測関数が参照されて複数の電線毎の最大応力に対応する各屈曲寿命が取得され、このうちから最短屈曲寿命が求められて出力される。したがって、複数の電線の振動にともなう屈曲寿命を、耐久試験を実施することなしに正確に予測可能となる。この結果、開発期間短縮及び予測精度の向上の要望を満足させることのできる寿命予測方法が提供される。

【0064】

請求項2及び請求項9記載の発明によれば、複数の電線及び／又は電線保護部材、雰囲気温度、複数の電線の各振動前形状、並びに、複数の電線の各拘束条件

が設定され、有限要素法を用いて、複数の電線の各有限要素モデルが作成される。また、複数の電線の各振動前形状に対しての各固有振動数が計算され、各固有振動数に対応する各有限要素モデルの各有限要素における応力が計算され、計算された応力のうちから複数の電線毎の最大応力がそれぞれ検索される。また、設定された複数の電線及び雰囲気温度に対応する各予測関数が読み出され、読み出された各予測関数が参照されて複数の電線毎の最大応力に対応する各屈曲寿命が取得され、このうちから最短屈曲寿命が求められて出力される。したがって、電線保護部材を含めた複数の電線の振動にともなう屈曲寿命を、耐久試験を実施することなしに正確に予測可能となる。この結果、開発期間短縮の要望をより満足させることのできる屈曲寿命予測方法が提供される。

【 0 0 6 5 】

請求項 3 記載の発明によれば、複数の電線が 1 本に束ねられたワイヤー様構造物とみなして、複数の電線に対する固有振動数が計算されるので、計算量の削減効果をもたらし、寿命予測がより短時間できるようになる。

【 0 0 6 6 】

請求項 4 記載の発明によれば、複数の電線は 1 本に束ねられているときには、これが拘束条件として設定されるので、より正確に屈曲寿命を予測することが可能になる。すなわち、現実的には、複数の電線は 1 本に束ねられているときと、束ねられていないときとが想定されるが、これらを明確に区別して、屈曲寿命を予測することが可能になる。

【 0 0 6 7 】

請求項 5 記載の発明によれば、屈曲寿命と共に、最短屈曲寿命に対応する電線保護部材上又は電線上の位置も特定されて出力されるので、より精度の高い寿命予測が可能となる。

【 0 0 6 8 】

請求項 6 記載の発明によれば、電線保護部材上又は複数の電線上の振動にともなう干渉部位も予測されるので、接触による断線等を回避した最適な経路設計も可能となる。

【 0 0 6 9 】

請求項7記載の発明によれば、電線保護部材及び複数の電線に対してそれぞれ、複数の代表的な雰囲気温度の下において取得された応力及び屈曲耐久回数に関するデータに基づいて、統計的に算出された母回帰関数に対する下側信頼区間を表す曲線が採用されるので、統計的にもより厳しい条件下での寿命予測が行われる。勿論、予測関数について所定の統計的信頼性も維持されるうえ、この予測関数の算出処理も容易である。これらの結果、複雑な処理手順を付加することなく、よりシビアに屈曲寿命予測が行われるようになり、より一層の品質向上や経路案改善に貢献できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の基本構成を示すブロック図である。

【図2】

図2（A）は、本発明で扱う電線を離散化した様子を示す図であり、図2（B）は、図2（A）の電線を梁要素と節点とで表わした図である。

【図3】

本発明の実施形態に係るハードウェア構成を示すブロック構成図である。

【図4】

図4（A）及び5（B）は共に、図3の記憶装置に格納される寿命データファイルに係る図である。

【図5】

本発明の実施形態に係る主処理手順を示すフローチャートである。

【図6】

図5に示す振動解析処理手順を示すフローチャートである。

【図7】

図7（A）、図7（B）及び図7（C）はそれぞれ、1次、2次及び3次の振動モードにおける電線の予測形状を示す図である。

【符号の説明】

1 電線

51 マイクロコンピュータ

5 2 入力装置

5 3 表示装置

5 4 印字装置

5 5 記憶装置

5 6 通信 I / F

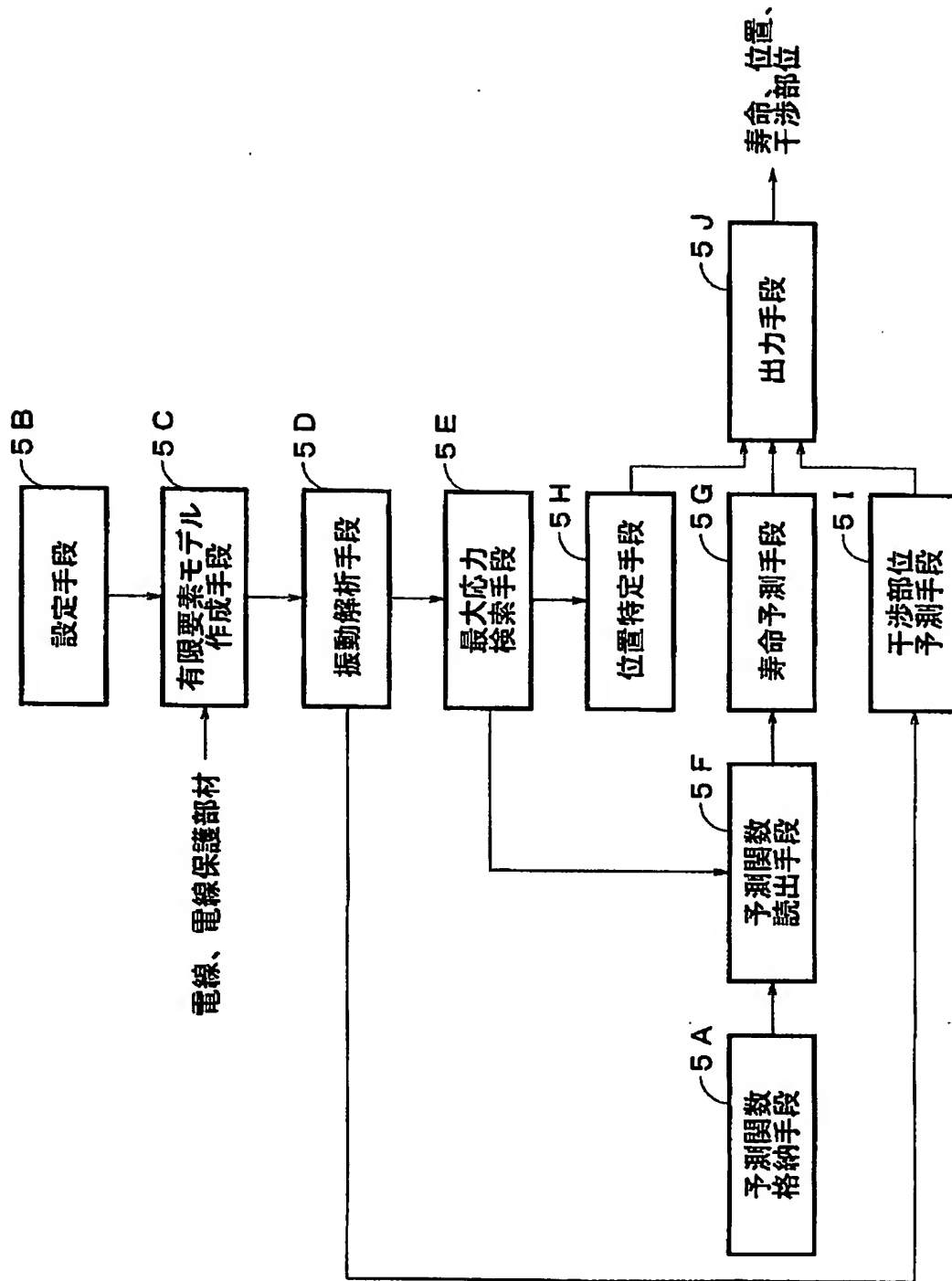
C 1 ~ C 7 梁要素

N 1 ~ N 8 節点

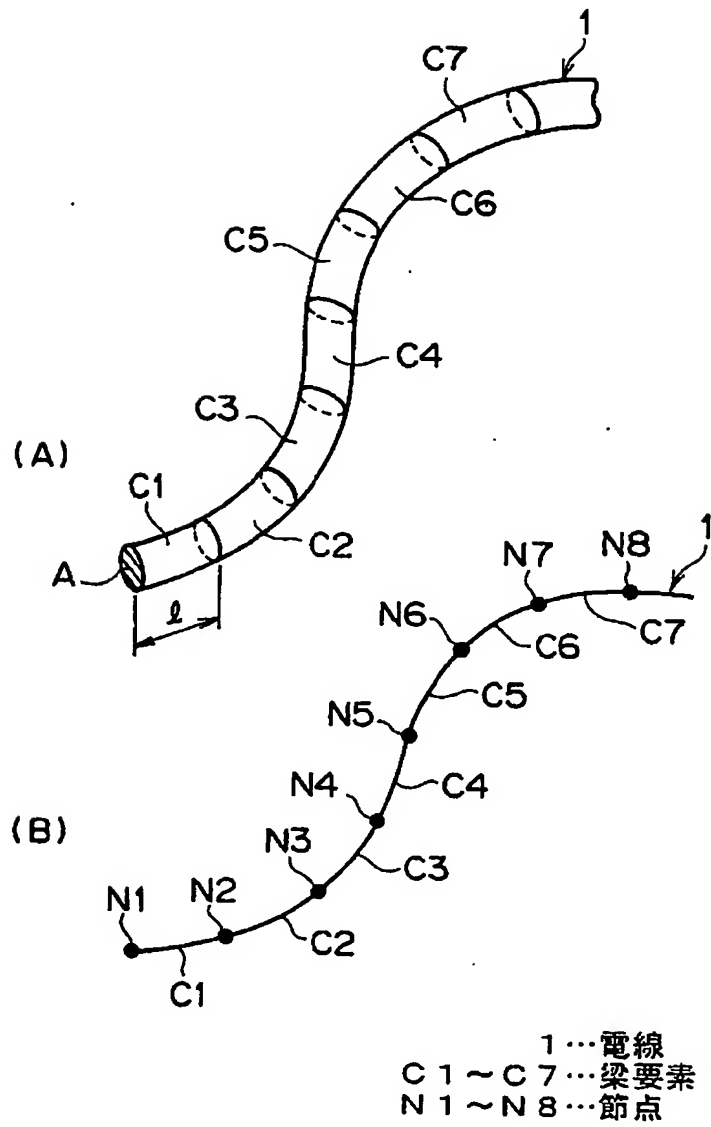
【書類名】

図面

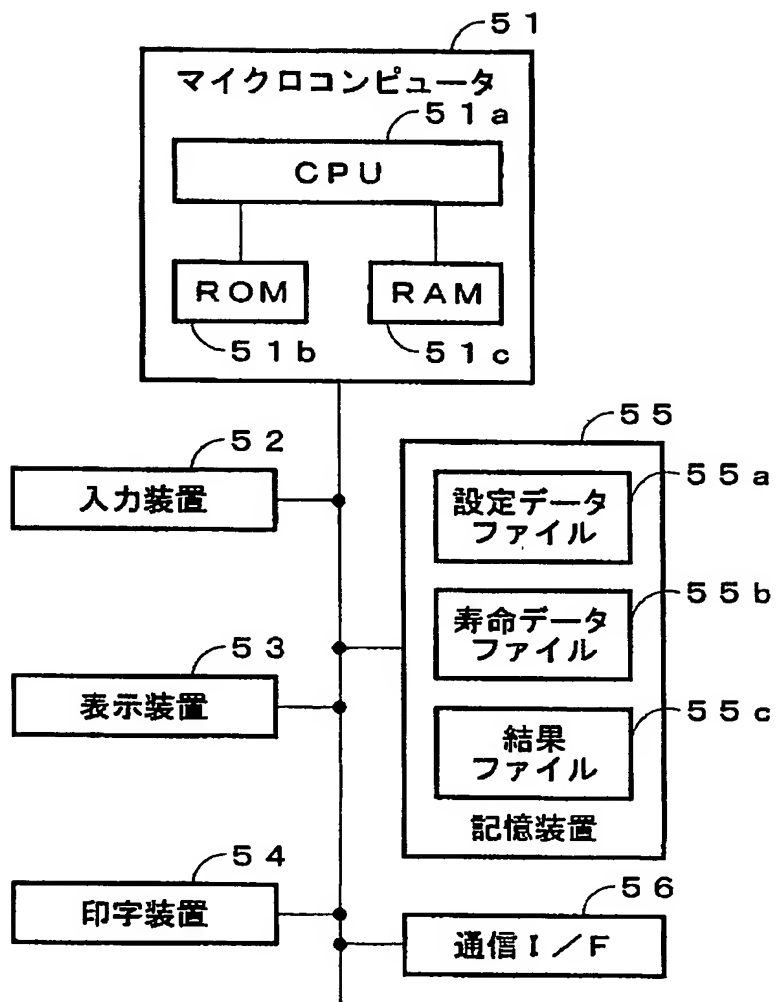
【図 1】



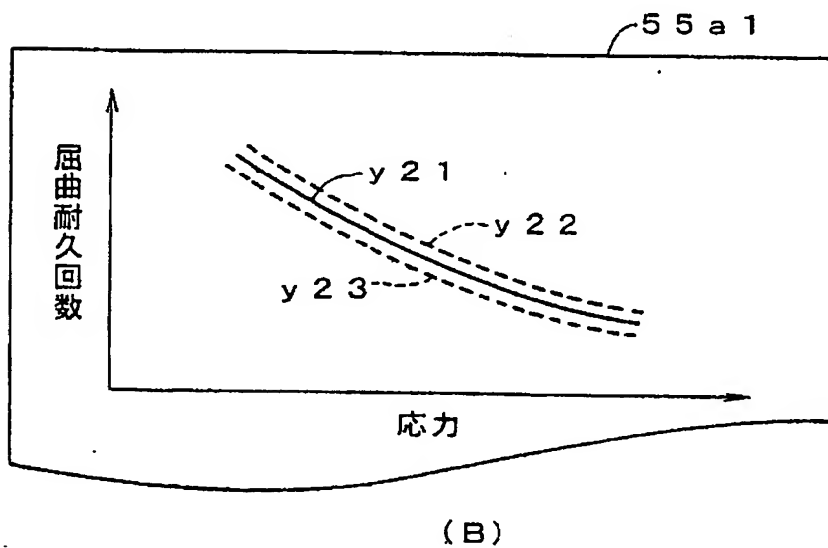
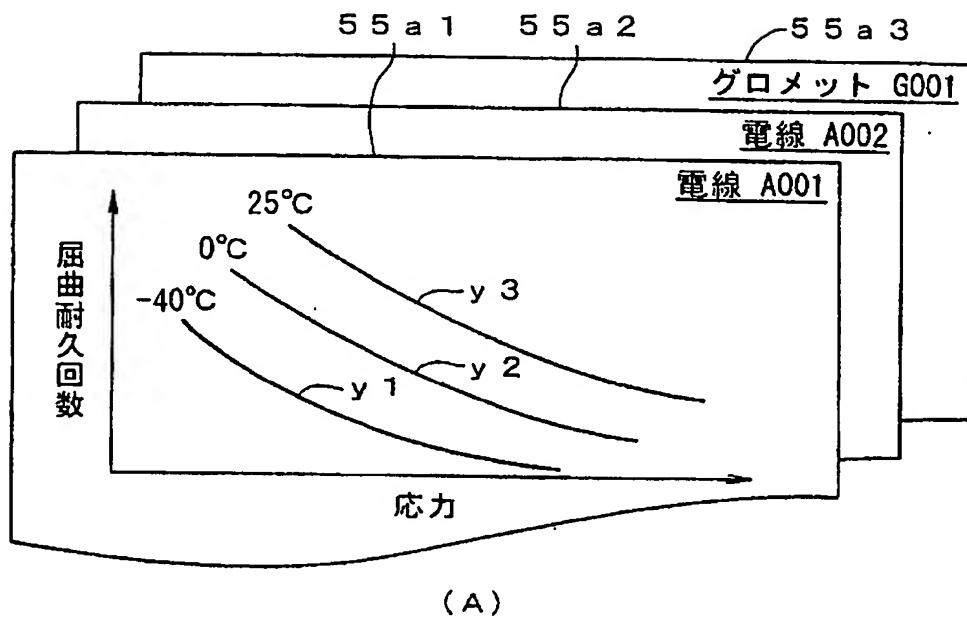
【図 2】



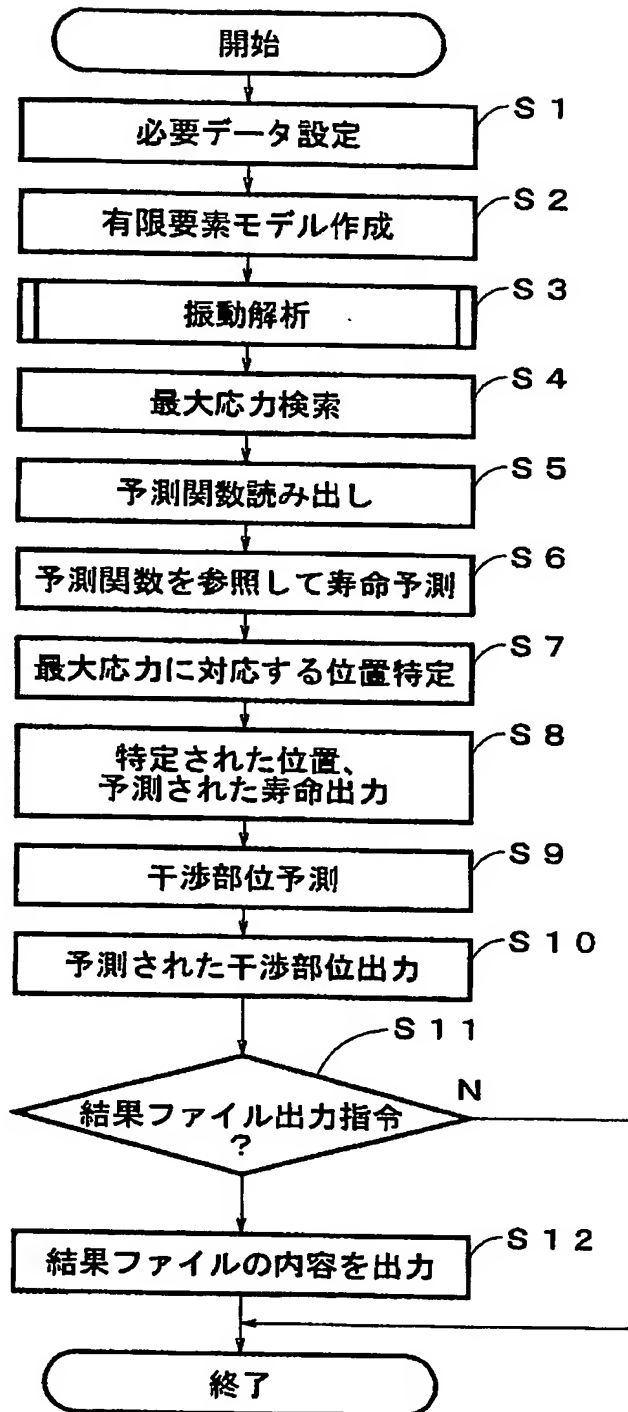
【図 3】



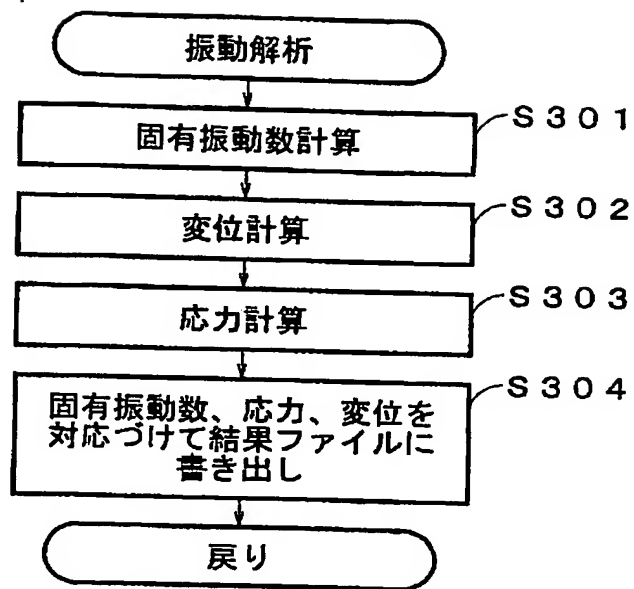
【図 4】



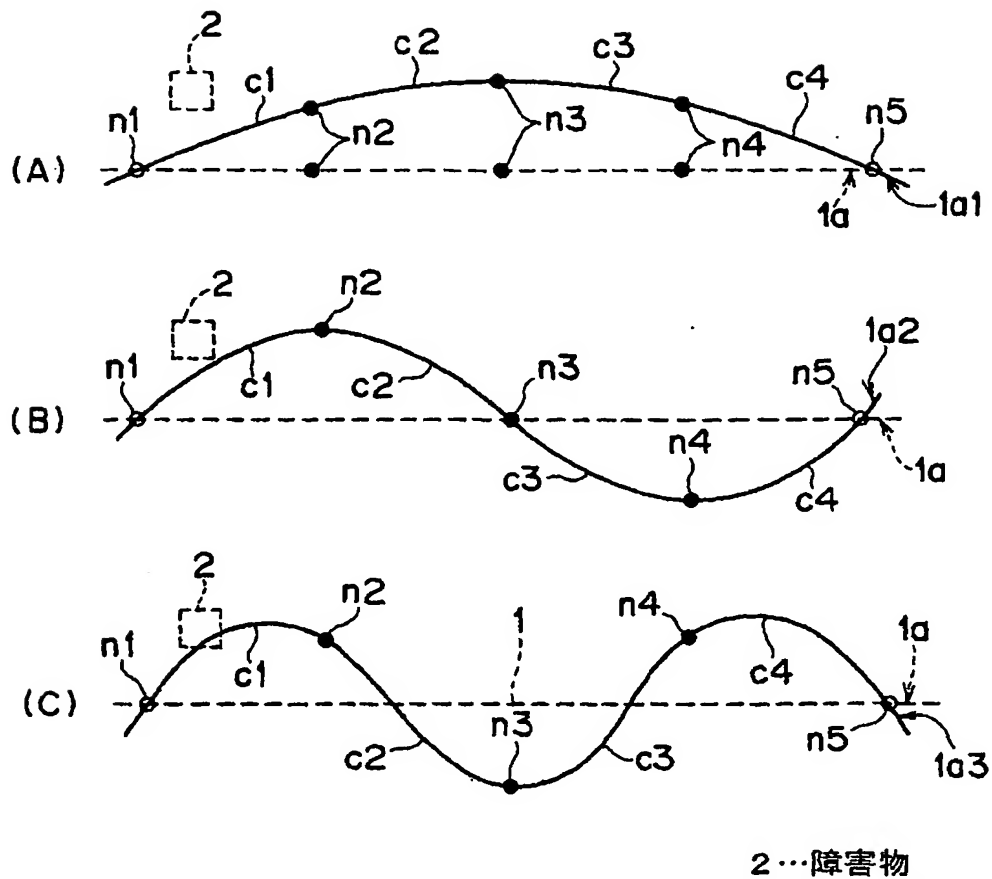
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 振動が発生する環境下において、より精度の高いの寿命予測や開発期間短縮の要望を満足させることのできる、電線等の屈曲寿命予測方法及びその装置を提供する。

【解決手段】 複数の電線、雰囲気温度、複数の電線の各振動前形状、並びに、複数の電線の各拘束条件が設定され、有限要素法を用いて、複数の電線の各有限要素モデルが作成される。また、複数の電線の各振動前形状に対しての各固有振動数が計算され、各固有振動数に対応する各有限要素モデルの各有限要素における応力が計算され、計算された応力のうちから複数の電線毎の最大応力がそれぞれ検索される。また、設定された複数の電線及び雰囲気温度に対応する各予測関数が読み出され、読み出された各予測関数が参照されて複数の電線毎の最大応力に対応する各屈曲寿命が取得され、このうちから最短屈曲寿命が求められて出力される。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 2 - 3 4 5 2 2 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 8 9 5]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 9 月 6 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区三田1丁目4番28号

氏 名

矢崎総業株式会社